

Высокая степень изношенности пассажирского подвижного состава, высокая стоимость запасных частей и материалов для ремонта приводят к снижению качества транспортного обслуживания, снижению уровня технической надежности, комфортабельности и безопасности муниципального пассажирского транспорта.

#### **Заключение**

В условиях недостаточного финансирования расходов государственных автотранспортных предприятий и необходимости выполнения социальных обязательств перед населением города в соответствии с законодательством, городские автотранспортные пассажирские предприятия вынуждены самостоятельно искать пути преодоления накопившихся проблем транспортной отрасли с помощью поиска различных инструментов, позволяющих находить рациональные решения проблем в условиях рыночных принципов хозяйствования.

#### **Литература.**

1. Транспорт и связь в России, 2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.gks.ru/free\\_doc/doc\\_2016/transp-sv16.pdf](http://www.gks.ru/free_doc/doc_2016/transp-sv16.pdf)
2. Аналитическое агентство «Автостат» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.autostat.ru/news/27116/>
3. РБСД – региональная база статистических данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://82.208.77.42/Scripts/rbsd>.

### **УПРАВЛЕНИЕ ЗИМНИМ СОДЕРЖАНИЕМ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В УСЛОВИЯХ ЧАСТИЧНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

*М.Ю. Дягелев, к.т.н.*

*ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет  
имени М.Т. Калашникова», г. Ижевск*

*426069 г. Ижевск, Студенческая 7, тел. 8(3412)77-60-55 (доб. 3270),*

*e-mail: [mdyagelev@yandex.ru](mailto:mdyagelev@yandex.ru)*

**Аннотация:** В работе освещены проблемы планирования и прогнозирования работ по зимнему содержанию автомобильных дорог в условиях частичной неопределенности. В качестве решения проблемы неопределенности приведены результаты корреляционного анализа зависимости выпадения осадков от температуры воздуха на примере г. Ижевск (Удмуртская Республика) за десятилетний период (с ноября 2007 до марта 2017). Кроме того, представлена блок-схема параметров и управляющих воздействий для поддержания необходимого уровня содержания для дорог различных категорий.

**Abstract:** The work covers problems of planning and forecasting of works on winter maintenance of roads in conditions of partial uncertainty. As a solution to the problem of uncertainty the results of the correlation analysis of the dependence of precipitation on temperature air on the example of Izhevsk (the Udmurt Republic) for the ten-year period (November 2007 to March 2017). Furthermore, the block diagram parameters and control actions to maintain the required level of maintenance for different road categories.

Зимнее содержание дорог представляет собой комплекс работ, включающий защиту дорог от снежных заносов, очистку дорог от снега, борьбу с зимней скользкостью, защиту дорог от лавин, борьбу с наледями [1]. В условиях городской среды (особенно для городов средней и северной полосы России) защита дорог от лавин хотя и маловероятно, но все остальные виды работ направлены на обеспечение безопасного и бесперебойного движения автомобилей по улично-дорожной сети (УДС). Система мероприятий по зимнему содержанию дорог направлена, с одной стороны, на поддержание высоких потребительских свойств автомобильных дорог – безопасности, непрерывности и удобства движения, с другой стороны, на снижение стоимости зимнего содержания [2]. В рамках решения задачи определения и снижения стоимости зимнего содержания необходимо совершенствование нормативных документов в области определения типа и количества мероприятий по ремонту и содержанию транспортных сооружений, что будет способствовать повышению эффективности расходования средств [3-4].

Все указанные свойства на стадии эксплуатации транспортных сооружений зависят от своевременности и качества выполнения работ дорожных служб, в первую очередь при зимнем содержании автомобильных дорог, когда состояние и сцепные свойства дорожных покрытий зависят от погодных условий. Следует отметить, что каждый вид снежно-ледяных отложений предполагает свою технологию удаления и в целом подразделяется на три вида – на рыхлый снег, снежный накат, стекловидный лед [5].

Регламентирующие зимнее содержание дорог нормативные документы [5, 6] рекомендуют при планировании и проведении работ применять в качестве основного показателя количество дней с образованием зимней скользкости (для г. Ижевска это число равно 93). Однако в документах не приводятся методики определения этого показателя, то есть не указывается какой периодичностью возможно появление зимней скользкости или выпадение осадков в течение зимнего сезона. Кроме того, статистическая информация о состоянии покрытия в зимний период не накапливается в специальных базах данных для ее последующей обработки. Такую информацию невозможно получить на метеостанциях государственной наблюдательной сети, так как эти показатели не входят в программу их наблюдений [3, 7, 8]. Поэтому при планировании и организации работ большинстве служб приходится ориентироваться на изменение температуры и влажности, а также вероятности выпадения осадков. При изменении одного из переменных меняются два других, и определенное их сочетание приводит к образованию зимней скользкости. Например, при увеличении влажности и снижении температуры воздуха, растет вероятность образования снежного наката или льда; при изменении температуры может расти или падать вероятность выпадения осадков. Соответственно, при изменении указанных параметров дорожным службам необходимо готовиться или к патрульной очистке рыхлого снега, или к обработке проезжей части противогололедными реагентами, или к обычному дежурству, то есть, выбор управляющего воздействия зависит от множества дорожных и погодных факторов, а также от ресурсов, имеющихся в дорожной организации. Поэтому данный выбор чаще всего осуществляется в условиях частичной неопределенности.

Для снижения фактора неопределенности при принятии решения в управляющем воздействии в вопросах зимнего содержания УДС был проведен простой корреляционный анализ оценки степени зависимости количества случаев выпадения осадков от изменения температуры воздуха. Наличие сильной связи между этими двумя факторами позволит оценить и спрогнозировать технологию и состав специализированной бригады снегоуборочной техники для проведения работ при изменении температуры воздуха.

В качестве выборки были использованы данные сайта <https://www.gismeteo.ru/> для г. Ижевска за последние 10 лет для зимнего периода (с ноября 2007 по февраль 2017). Методика проведения расчета определена формулами (1) – (4) и полученные расчеты представлены в виде рисунка 1 и таблицы 1 [9]:

$$S(xy) = \sum (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y}) \quad (1)$$

$$S(xx) = \sum (x_i - \bar{x})^2 \quad (2)$$

$$S(yy) = \sum (y_i - \bar{y})^2 \quad (3)$$

$$r = \frac{S(xy)}{\sqrt{S(xx) \cdot S(yy)}} \quad (4)$$

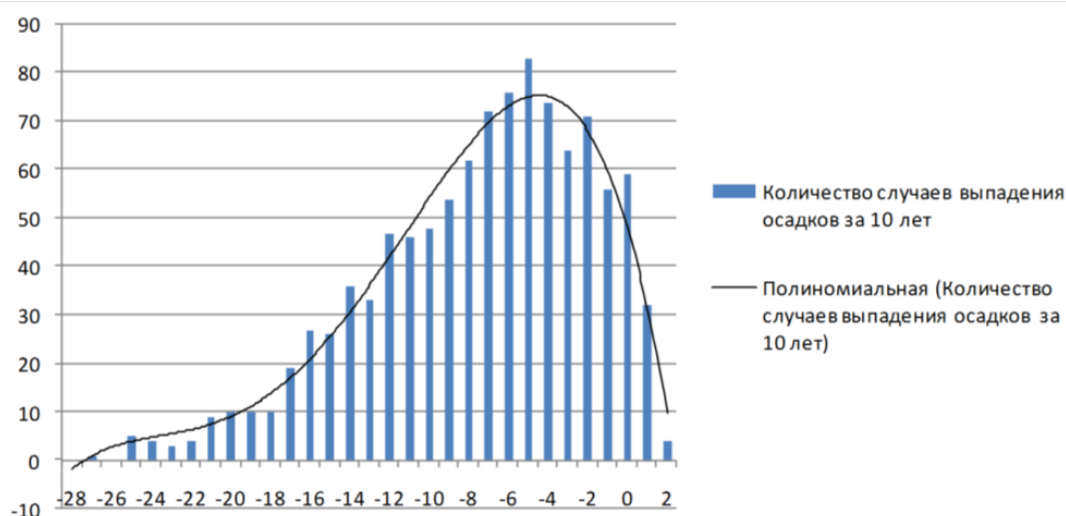


Рис.1. Распределение количества случаев выпадения осадков в течение 10 лет в г. Ижевске

Таблица 1

## Промежуточные данные корреляционного анализа

Температура воздуха ( $x_i$ )	Количество случаев выпадения осадков за 10 лет ( $y_i$ )	$S_{xy}$	$S_{xx}$	$S_{yy}$
-28	0	503,15	210,25	1204,09
-27	1	454,95	182,25	1135,69
-26	0	433,75	156,25	1204,09
-25	5	341,55	132,25	882,09
-24	4	322,35	110,25	942,49
-23	3	301,15	90,25	1004,89
-22	4	260,95	72,25	942,49
-21	9	192,75	56,25	660,49
-20	10	160,55	42,25	610,09
-19	10	135,85	30,25	610,09
-18	10	111,15	20,25	610,09
-17	19	54,95	12,25	246,49
-16	27	19,25	6,25	59,29
-15	26	13,05	2,25	75,69
-14	36	-0,65	0,25	1,69
-13	33	-0,85	0,25	2,89
-12	47	18,45	2,25	151,29
-11	46	28,25	6,25	127,69
-10	48	46,55	12,25	176,89
-9	54	86,85	20,25	372,49
-8	62	150,15	30,25	745,29
-7	72	242,45	42,25	1391,29
-6	76	309,75	56,25	1705,69
-5	83	410,55	72,25	2332,89
-4	74	373,35	90,25	1544,49
-3	64	307,65	110,25	858,49
-2	71	417,45	132,25	1317,69
-1	56	266,25	156,25	453,69
0	59	328,05	182,25	590,49
1	32	-39,15	210,25	7,29
$\bar{x} = -13.5$	$\bar{y} = 34.7$	$\sum S_{xy} = 6250.5$	$\sum S_{xx} = 2247.5$	$\sum S_{yy} = 21968.3$

Результаты расчета показали, что коэффициент корреляции ( $r$ ) равен 0.89, то есть связь между температурой воздуха и количеством случаев выпадения осадков – прямая и теснота (сила) связи по шкале Чеддока – высокая. При этом число степеней свободы ( $f$ ) составляет 28 и  $t$ -критерий Стьюдента для данного значения равен 10.303, что доказывает статистическую значимость зависимости (критическое значение  $t$ -критерия Стьюдента при данном числе степеней свободы составляет 2.048) [9].

Уравнение регрессии представлен полиномом четвертой степени:

$$y = -0.0012x^4 - 0.0834x^3 - 1.9233x^2 - 12.437x + 50.384$$

Коэффициент детерминации  $r^2$  равен 0.977 (температура воздуха определяет 79.1% дисперсии – выпадения осадков).

Аналогичный результат получается при проведении графического корреляционного анализа в среде Microsoft Excel, представленный на рисунке 2.

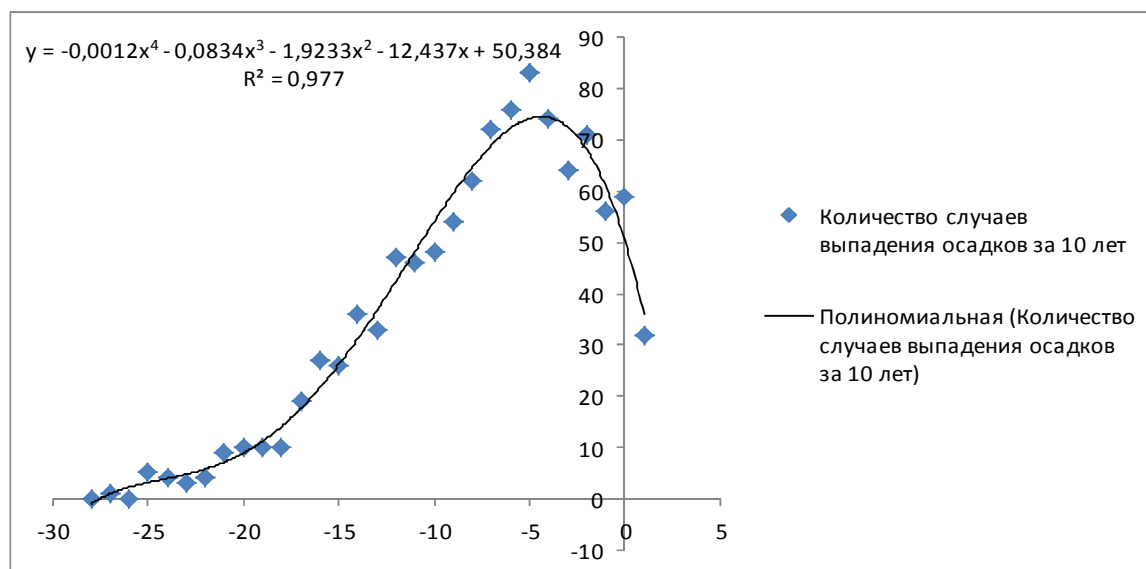


Рис. 2. Графический корреляционный анализ зависимости выпадения осадков и температуры воздуха

Проведенный корреляционный анализ является лишь начальной стадией исследования, в дальнейшем большой интерес представляет проведение анализа выпадения осадков и образования зимней скользкости с точки зрения теории вероятности и планирование работ по зимнему содержанию автомобильных дорог с точки зрения, например, теории массового обслуживания. В этом случае, специалисту, решающему задачи управления зимним содержанием УДС могут быть предложены специальные программные системы, сочетающие в себе как традиционные методы алгоритмической обработки данных, так и методы создания и использования баз знаний, сформированных на самом предприятии, как на основе наблюдений, так и на основе полученных заявок от жителей, водителей автотранспортных средств, предприятий городского пассажирского транспорта и т.д.. Методологической основой решения таких задач являются новые информационные технологии, связанные с разработкой систем поддержки принятия решений. В этом случае, неопределенность структуры модели процесса принятия решения [10], по определению типа работ может быть частично параметризована, то есть можно предположить, что исследуемый процесс можно описывать уравнением (5):

$$x_t = f(x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, x_{t-m}, u_t, \mu_t) \quad (5)$$

где  $f(\dots)$  функция, показывающая некую удовлетворенность состоянием дорожного покрытия,  $x_t$  – выходные переменные, характеризующие состояние УДС в определенный момент времени,  $u_t$  – управляющие воздействия – мероприятия по ликвидации зимней скользкости, уборке выпавшего снега и т.д.,  $\mu_t$  – входная переменная процесса – внешние условия,  $m$  – известная «глубина» памяти – соответствует количеству контролируемых параметров.

В соответствии с заданным уравнением, алгоритм программы управления зимним содержанием УДС должен включать параметры, обеспечивающие поддержание необходимого уровня содержания для дорог различных категорий [11, 12] (см. рисунок 3). В этом случае, субъектами управления являются дорожные организации, осуществляющие планирование, организацию и выполнение работ по зимнему содержанию УДС. Объектом управления являются автомобильная дорога и дорожные сооружения.

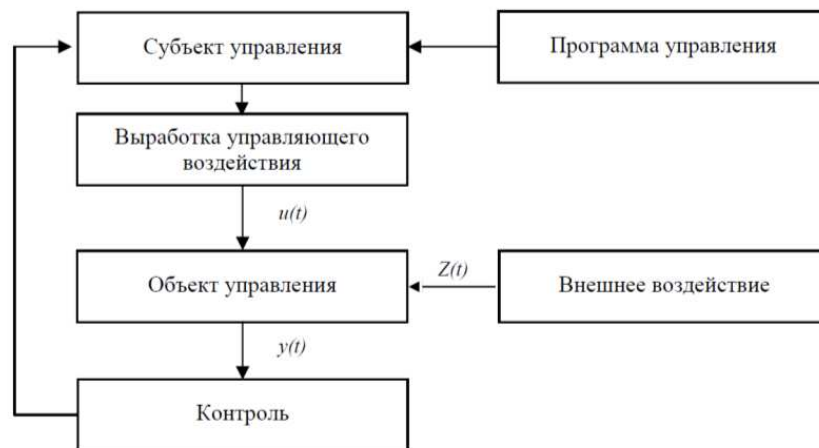


Рис. 3. Система связи управляющих воздействий при зимнем содержании УДС

Необходимость применения управляющих воздействий в виде работ по борьбе с зимней скользкостью обусловлена функционированием объекта управления во внешней среде под воздействием возмущающих факторов  $z(t)$  – погодных условий, влияющих на состояние дорожного покрытия и формирование на нем различных видов зимней скользкости.

В зависимости от обстановки, сложившейся на объекте управления и в окружающей его среде в определенный момент времени, возникает ситуация, характеризующаяся совокупностью параметров, измеряемых и анализируемых в процессе управления, и требующая принятия и реализации управляющего решения  $u(t)$ . Под ситуацией следует понимать состояние дорожного покрытия, а наличие на нем зимней скользкости вызывает необходимость проведения комплекса работ по ее ликвидации или профилактике.

Одной из основных функций управления при зимнем содержании дорог является контроль. Его задача состоит в выявлении отклонений параметров  $y(t)$ , контролируемых в процессе управления, от планируемых (заданных в программе управления). Различают пассивный контроль, который производится дискретно по окончании какой-либо работы, и активный контроль, проводимый постоянно в процессе функционирования объекта управления. При активном контроле осуществляется регулирование управляющих воздействий после анализа отклонений для компенсации действия на объект возмущающих факторов [11-13].

Для получения информации о внешних погодных воздействиях и фактическом состоянии объекта управления (состоянии дорожного покрытия) необходима информационно-измерительная подсистема. Измерение параметров внешней среды не только описывает фактическую ситуацию, сложившуюся на объекте управления, но и позволяет при определенных условиях прогнозировать ее изменение. Управляющая подсистема должна обеспечивать выбор управляющих воздействий на основе анализа всей имеющейся информации. Эффективное управление невозможно без надежной связи для передачи информации между подсистемами и фиксации результатов управления на основе обратной связи, т.е. обеспечения необходимого контроля.

К основным управляющим воздействиям при управлении зимним содержанием УДС можно отнести работы по поддержанию требуемого уровня содержания дороги – ликвидация или профилактика образования зимней скользкости. Действующие нормативные документы по ликвидации зимней скользкости регламентируют выбор норм распределения противогололедных материалов в зависимости от их вида, температуры воздуха и количества выпавших осадков, профилактические операции рекомендуются для предупреждения образования снежного наката [4]. Эти работы не увязаны с прогнозами погоды, не учитывают динамику изменения погодных факторов, которая может существенно повлиять на эффективность работ по ликвидации скользкости. Несмотря на то, что рыхлый снег отнесен к одному из видов зимней скользкости, технологические операции по проведению патрульной снегоочистки не входят в состав работ, отмеченных в Руководстве [5, 14]. Таким образом, задача выбора управляющих воздействий при организации работ по борьбе с зимней скользкостью требует своего уточнения, более четкой «привязки» к специализированной метеороло-

гический информации, которая может быть доступна дорожным организациям с различным уровнем оснащения информационными ресурсами.

Литература.

1. ОДМ 218.8.002-2010 Методические рекомендации по зимнему содержанию автомобильных дорог с использованием специализированной гидрометеорологической информации (для опытного применения). – М., 2010. – 64 с.
2. Дягелев М.Ю. Информационные технологии в стратегическом развитии дорожно-транспортного комплекса // В сборнике: Современные технологии поддержки принятия решений в экономике Сборник трудов III Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Юргинский технологический институт; под ред. А.А. Захаровой. 2016. С. 135-137.
3. Самодурова Т.В., Бакланов Ю.В. Цикличность работ по зимнему содержанию автомобильных дорог // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2014. № 1 (33). С. 72-82.
4. Корепанова Н.В., Исаков В.Г. Разработка рекомендаций для анализа экологической нагрузки автотранспортных средств на окружающую среду // Современные материалы, техника и технологии. 2015. № 2 (2). С. 64-67.
5. ОДМ ОС-548-р Руководство по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах. – Введ. 2003-16-06. – М.: Информавтодор, 2003. – 72 с.
6. Периодичность проведения видов работ по содержанию автомобильных дорог общего пользования федерального значения и искусственных сооружений на них: [утв. 01.11.2007 приказом Минтранса РФ № 157] [Электронный ресурс] // Rosavtodor.ru: официал. сайт Федерального дорожного агентства Минтранса РФ. – Режим доступа: [http://rosavtodor.ru/show-docs/Osnovnye\\_dokumenty/prikazyi\\_rasporyajeniya/1682.html](http://rosavtodor.ru/show-docs/Osnovnye_dokumenty/prikazyi_rasporyajeniya/1682.html). – (10.03.2017).
7. Корепанова Н.В. Иерархический подход к анализу факторов, влияющих на интенсивность движения на урбанизированных дорогах // Вестник ИжГТУ им. М.Т. Калашникова. 2016. № 2 (70). С. 113-115.
8. Исаков В.Г., Дягелев М.Ю. Управление информационными ресурсами при организации зимнего содержания улично-дорожной сети города // В сборнике: Коммуникации в информационном обществе: проблемы и возможности сборник научных статей. ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева»; ГУО «Республиканский институт высшей школы». 2017. С. 121-124.
9. Подгорнов В.В., Черный В.В. Корреляционный анализ: Учебное пособие. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2010. – 80 с.
10. Раскина А.В. Непараметрическое адаптивное двухконтурное управление динамическими процессами при частичной неопределенности // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 120. С. 888-902.
11. Самодурова Т.В., Панферов К.В., Соколов Ю.А. Информационные технологии в оперативном управлении работами по зимнему содержанию автомобильных дорог // Информационные системы и технологии. 2006. № 1-2. С. 190-195.
12. Самодурова Т.В. Оперативное управление зимним содержанием дорог: научные основы. Монография / Т.В. Самодурова. Воронеж, 2003. – 103 с.
13. Дягелев М.Ю. Информационные технологии в стратегическом развитии дорожно-транспортного комплекса // В сборнике: Современные технологии поддержки принятия решений в экономике: сборник трудов III Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – С.135-137.
14. ГОСТ Р 50597-93 Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения (принят постановлением Госстандарта РФ от 11 октября 1993 г. N 221). – М., 1994. – 11 с.